

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 08136073
PUBLICATION DATE : 31-05-96

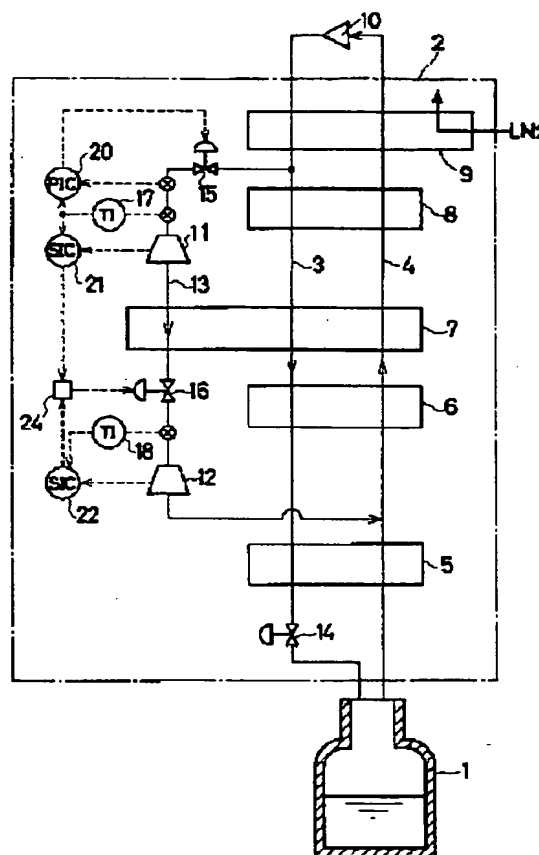
APPLICATION DATE : 10-11-94
APPLICATION NUMBER : 06276624

APPLICANT : KOBE STEEL LTD;

INVENTOR : KAMIYAUCHI YOUICHI;

INT.CL. : F25B 9/00 F25B 9/02 F25B 9/06

TITLE : METHOD AND APPARATUS FOR
OPERATION CONTROL OF TURBINE
TYPE EXPANDER



ABSTRACT : PURPOSE: To effectively prevent the overload operation of a turbine type expander disposed in two stage series.

CONSTITUTION: First and second turbine inlet valves 15, 16 are respectively provided at the inlet sides of first and second turbines 11 and 12. A pressure regulator 20 detected the inlet pressure of the first turbine, and so regulates the opening of the valve 15 as to suppress the pressure to a predetermined pressure limit value or less. A number-of-revolutions regulator 21 detects the number of the revolutions of the first turbine to set the opening for suppressing the number of the revolutions to a predetermined number-of-revolutions limit value or less. A number-of-revolutions regulator 22 detects the number of the revolutions of the second turbine and sets the opening for suppressing the number of the revolutions to a predetermined number-of-revolutions limit value or less. An opening comparator 24 regulates the opening of the valve 16 based on the smaller one of both the set openings.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-136073
(43)Date of publication of application : 31.05.1996

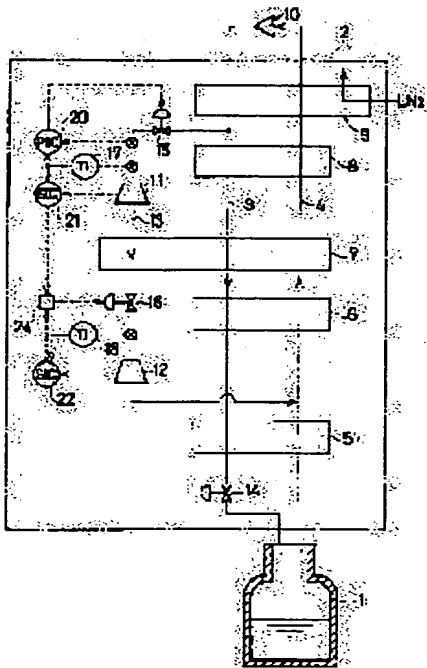
(51)Int.Cl. F25B 9/00
F25B 9/02
F25B 9/06

(21)Application number : 06-276624 (71)Applicant : KOBE STEEL LTD
(22)Date of filing : 10.11.1994 (72)Inventor : NAKAYAMA YOSHIHIRO
KAWASHIMA IWAO
OKAMOTO YOSHIHIKO
KAMIYAUCHI YOUICHI

(54) METHOD AND APPARATUS FOR OPERATION CONTROL OF TURBINE TYPE EXPANDER

(57)Abstract:

PURPOSE: To effectively prevent the overload operation of a turbine type expander disposed in two stage series.
CONSTITUTION: First and second turbine inlet valves 15, 16 are respectively provided at the inlet sides of first and second turbines 11 and 12. A pressure regulator 20 detected the inlet pressure of the first turbine, and so regulates the opening of the valve 15 as to suppress the pressure to a predetermined pressure limit value or less. A number-of-revolutions regulator 21 detects the number of the revolutions of the first turbine to set the opening for suppressing the number of the revolutions to a predetermined number-of-revolutions limit value or less. A number-of-revolutions regulator 22 detects the number of the revolutions of the second turbine and sets the opening for suppressing the number of the revolutions to a predetermined number-of-revolutions limit value or less. An opening comparator 24 regulates the opening of the valve 16 based on the smaller one of both the set openings.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.09.1999
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number] 3276519
[Date of registration] 08.02.2002
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of

rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(2)

特開平8-136073

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 寒冷を発生させるための冷媒循環回路に相互直列に配された二段の寒冷発生用タービン式膨張機の運転制御方法であって、上流側タービン式膨張機の入口側に上流側タービン入口弁を設け、下流側タービン式膨張機の入口側に下流側タービン入口弁を設け、上流側タービン入口弁の開度変化により、いずれか一方のタービン式膨張機の入口圧力、上流側タービン式膨張機の回転数、下流側タービン式膨張機の回転数のうちの一つのパラメータを所定条件に見合うように調節するとともに、下流側タービン入口弁の開度調節により残りのパラメータを所定条件に見合うように調節することを特徴とするタービン式膨張機の運転制御方法。

【請求項2】 請求項1記載のタービン式膨張機の運転制御方法において、いずれか一方のタービン式膨張機の入口圧力を検出してこの圧力を予め設定された圧力制限値以下に抑えるように上記上流側タービン入口弁の開度を調節するとともに、上流側タービン式膨張機の回転数を検出してこの回転数を予め設定された回転数制限値以下に抑えるための下流側タービン入口弁の開度を設定し、かつ、下流側タービン式膨張機の回転数を検出してこの回転数を予め設定された回転数制限値以下に抑えるための下流側タービン入口弁の開度を設定し、上記2つの開度のうち小さい側の開度に基づき上記下流側タービン入口弁の開度を調節することを特徴とするタービン式膨張機の運転制御方法。

【請求項3】 請求項2記載のタービン式膨張機の運転制御方法において、上記上流側タービン式膨張機の回転数制限値を上流側タービン式膨張機の入口温度に応じて変化させ、上記下流側タービン式膨張機の回転数制限値を下流側タービン式膨張機の入口温度に応じて変化させることを特徴とするタービン式膨張機の運転制御方法。

【請求項4】 請求項1記載のタービン式膨張機の運転制御方法において、上流側タービン式膨張機の入口圧力を検出してこの圧力を予め設定された圧力制限値以下に抑えるように上記上流側タービン入口弁の開度を調節するとともに、上流側タービン式膨張機の出口圧力を検出してこの圧力を予め設定された圧力制限値以上に保つための下流側タービン入口弁の開度を設定し、かつ、下流側タービン式膨張機の入口圧力を検出してこの圧力を予め設定された圧力制限値以下に抑えるための下流側タービン入口弁の開度を設定し、上記2つの開度のうち小さい側の開度に基づき上記下流側タービン入口弁の開度を

2

に応じて変化させることを特徴とするタービン式膨張機の運転制御方法。

【請求項6】 請求項2～5のいずれかに記載のタービン式膨張機の運転制御方法において、上記上流側タービン入口弁の開度調節に用いる圧力制限値をこの圧力制限値に関する側のタービン式膨張機の入口温度に応じて変化させることを特徴とするタービン式膨張機の運転制御方法。

【請求項7】 寒冷を発生させるための冷媒循環回路に相互直列に配された二段の寒冷発生用タービン式膨張機の運転制御装置であって、上流側タービン式膨張機の入口側に上流側タービン入口弁を設け、下流側タービン式膨張機の入口側に下流側タービン入口弁を設けるとともに、いずれか一方のタービン式膨張機の入口圧力を検出してこの圧力を予め設定された圧力制限値以下に抑えるように上流側タービン入口弁の開度を調節する上流側入口弁調節手段と、上流側タービン式膨張機の回転数を検出してこの回転数を予め設定された回転数制限値以下に抑えるための下流側タービン入口弁の開度を設定する上流側開度設定手段と、下流側タービン式膨張機の回転数を検出してこの回転数を予め設定された回転数制限値以下に抑えるための下流側タービン入口弁の開度を設定する下流側開度設定手段と、実際の下流側タービン入口弁の開度を上記上流側開度設定手段で設定された開度と下流側開度設定手段で設定された開度とのうち小さい側の開度に基づき調節する下流側入口弁調節手段とを備えたことを特徴とするタービン式膨張機の運転制御装置。

【請求項8】 請求項7記載のタービン式膨張機の運転制御装置において、上記上流側タービン式膨張機の回転数制限値を上流側タービン式膨張機の入口温度に応じて変化させるように上記上流側開度設定手段を構成し、上記下流側タービン式膨張機の回転数制限値を下流側タービン式膨張機の入口温度に応じて変化させるように上記下流側開度設定手段を構成したことを特徴とするタービン式膨張機の運転制御装置。

【請求項9】 寒冷を発生させるための冷媒循環回路に相互直列に配された二段の寒冷発生用タービン式膨張機の運転制御装置であって、上流側タービン式膨張機の入口側に上流側タービン入口弁を設け、下流側タービン式膨張機の入口側に下流側タービン入口弁を設けるとともに、上流側タービン式膨張機の入口圧力を検出してこの圧力を予め設定された圧力制限値以下に抑えるように上流側タービン入口弁の開度を調節する上流側入口弁調節

(3)

特開平8-136073

3

4

下流側開度設定手段で設定された開度と下流側開度設定手段で設定された開度とのうち小さい側の開度に基づき調節する下流側入口弁調節手段とを備えたことを特徴とするタービン式膨張機の運転制御装置。

【請求項10】 請求項9記載のタービン式膨張機の運転制御装置において、上記上流側タービン式膨張機の出口圧力の圧力制限値を上流側タービン式膨張機の入口温度に応じて変化させるように上記上流側開度設定手段を構成し、上記下流側タービン式膨張機の入口圧力の圧力制限値を下流側タービン式膨張機の入口温度に応じて変化させるように上記下流側開度設定手段を構成したことを特徴とするタービン式膨張機の運転制御装置。

【請求項11】 請求項7～10のいずれかに記載のタービン式膨張機の運転制御装置において、上記上流側入口弁調節手段で用いられる圧力制限値をこの圧力制限値に関する側のタービン式膨張機の入口温度に応じて変化させるように上記上流側入口弁調節手段を構成したことを特徴とするタービン式膨張機の運転制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、相互直列に接続された二段のタービン式膨張機の運転を制御する方法及び装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 ヘリウム冷凍機をはじめとする多くの極低温冷凍液化装置においては、寒冷発生用の冷媒循環通路に、タービン式膨張機が二段にわたって相互直列に配されている。これらのタービン式膨張機の起動により、液化冷凍装置は常温から設計点の温度まで次第に冷却されるが、この設計点に至るまでの起動時間はなるべく短縮することが好ましい。この起動時間は、タービン式膨張機の発生する寒冷量Qが多いほど短くなるが、この寒冷量Qは一般に次式で表される。

【0003】

【数1】 $Q = K1 \cdot P1 \cdot \sqrt{T1} \cdot f(\pi)$

ここで、K1は定数、P1はタービン入口圧力、T1は入口温度、 π は圧力比（ $= P1 / Pe$ ）、Peはタービン出口圧力、 $f(\pi)$ は π とともに増加する関数である。この数1から明らかなように、寒冷量Qを増加させるには、タービン入口圧力P1を増加させればよい。しかしながら、このタービン入口圧力P1を過度に上昇させると、タービン圧力比 $P1 / Pe$ が高まってそのタービン式膨張機同転数が急激に増大し、（以下、過同転と称す

入口圧力の制限値を予め設定しておき、この制限値まで低温側タービン式膨張機の入口圧力を圧力制御弁（以下、タービン入口弁と称する。）によって昇圧する動作と、この動作後、タービン式膨張機の入口温度が平衡終端入口温度に達するまで圧力状態を維持する動作とを交互に行う（図5参照）。この方法によれば、上記タービン入口弁の制御によって低温側タービン式膨張機の入口圧力を制御することにより、低温側タービン式膨張機が過速度で回転するのを防ぎながら、液化冷凍装置を予冷できる。

【0006】 B) 特開昭62-80455号公報：上流側タービン式膨張機の入口側に圧力調節弁（以下、タービン入口弁と称する。）を、下流側タービン式膨張機の出口側に下流側圧力調節弁（以下、タービン出口弁と称する。）をそれぞれ設け、上記タービン入口弁の開度調節により上流側タービン式膨張機の入口圧力を所定の圧力制限値以下に抑え、上記タービン出口弁の開度調節により下流側タービン式膨張機の出口圧力を圧力制限値以下に抑える。

20 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 上記のようにタービン式膨張機が直列2段に設けられた装置では、ノズルの中でチョークしていないという前提で、上流側タービン式膨張機の流量G1及び下流側タービン式膨張機の流量G2が次式で表される。

【0008】

【数2】

$$G1 = K1 \frac{P1}{\sqrt{T1}} \sqrt{1 - \left(\frac{P2}{P1} \right)^2}$$

30

$$G2 = K2 \frac{P3}{\sqrt{T3}}$$

【0009】 ここで、K1、K2は一定の係数、P1は上流側タービン式膨張機の入口圧力、P2は上流側タービン式膨張機の出口圧力、P3は下流側タービン式膨張機の入口圧力、T1は上流側タービン式膨張機の入口温度、T3は下流側タービン式膨張機の入口温度である。

【0010】 両タービン式膨張機を直列に配した場合、G1 = G2であるため、上記数1から次式が得られる。

【0011】

【数3】

$$P1 \sqrt{1 - \left(\frac{P2}{P1} \right)^2} = P3$$

P3

5

膨張機の入口とが弁を介さずに直結されているため、 $P_2 = P_3$ となる。これを数2に代入すると次式が得られる。

【0013】

【数4】

$$\sqrt{\frac{T_1}{T_3}} = f\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = \frac{K_1}{K_2} \cdot \frac{P_1}{P_2} \sqrt{1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^4}$$

【0014】従って、上記A)の方法及びB)の方法では、理論上、温度比 T_1/T_3 が上流側タービン式膨張機の圧力比 P_1/P_2 の関数 $f(P_1/P_2)$ となる。換言すれば、圧力比 P_1/P_2 は上記温度比 T_1/T_3 に支配されることになり、理論上は、上記温度比 T_1/T_3 が変化しない限り、タービン入口弁やタービン出口弁を操作しても圧力比 P_1/P_2 が変動しないことになる。実際の運転では、タービン入口弁の開度の変化に伴って圧力比 P_1/P_2 も多少変動するが、その応答性は低く、タービン入口弁を絞っても直ちに圧力比 P_1/P_2 が低下する保証はない。よって、上記A)の方法及びB)の方法では、タービン入口弁あるいはタービン出口弁を操作しても、タービン式膨張機の回転数、特に上流側タービン式膨張機の回転数を思い通りに調節できず、タービン式膨張機の過回転を発生させてしまうおそれがある。

【0015】また、A)の方法では、下流側タービン式膨張機の入口圧力を階段状に昇圧させているので、予冷中でのタービン式膨張機の性能をフルに発揮させることができず、その分予冷時間が長くなる不都合もある。

【0016】本発明は、このような事情に鑑み、直列に配される2段のタービン式膨張機の過負荷運転を確実に防ぎ、さらに好ましくは、迅速な予冷も行うことができるタービン式膨張機の運転制御方法及び装置を提供することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明は、寒冷を発生させるための冷媒循環回路に相互直列に配された二段の寒冷発生用タービン式膨張機の運転制御方法であって、上流側タービン式膨張機の入口側に上流側タービン入口弁を設け、下流側タービン式膨張機の入口側に下流側タービン入口弁を設け、上流側タービン入口弁の開度変化により、いずれか一方のタービン式膨張機の入口圧力、上流側タービン式膨張機の回転数、下流側タービン式膨張機の回転数のうちの一つのパラメータを所定条件に見合

(4)

特開平8-136073

6

機の回転数を検出してこの回転数を予め設定された回転数制限値以下に抑えるための下流側タービン入口弁の開度を設定し、かつ、下流側タービン式膨張機の回転数を検出してこの回転数を予め設定された回転数制限値以下に抑えるための下流側タービン入口弁の開度を設定し、上記2つの開度のうち小さい側の開度に基づき上記下流側タービン入口弁の開度を調節する方法や（請求項2）、上流側タービン式膨張機の入口圧力を検出してこの圧力を予め設定された圧力制限値以下に抑えるように上記上流側タービン入口弁の開度を調節するとともに、上流側タービン式膨張機の出口圧力を検出してこの圧力を予め設定された圧力制限値以上に保つための下流側タービン入口弁の開度を設定し、かつ、下流側タービン式膨張機の入口圧力を検出してこの圧力を予め設定された圧力制限値以下に抑えるための下流側タービン入口弁の開度を設定し、上記2つの開度のうち小さい側の開度に基づき上記下流側タービン入口弁の開度を調節する方法（請求項4）が好適である。

【0019】請求項2記載の方法では、上記上流側タービン式膨張機の回転数制限値を上流側タービン式膨張機の入口温度に応じて変化させ、上記下流側タービン式膨張機の回転数制限値を下流側タービン式膨張機の入口温度に応じて変化させることが、より好ましく（請求項3）、請求項4記載の方法では、上記上流側タービン式膨張機の出口圧力の圧力制限値を上流側タービン式膨張機の入口温度に応じて変化させ、上記下流側タービン式膨張機の入口圧力の圧力制限値を下流側タービン式膨張機の入口温度に応じて変化させることが、より好ましい（請求項5）。

【0020】また、上記各方法において、上記上流側タービン入口弁の開度調節に用いる圧力制限値をこの圧力制限値に関する側のタービン式膨張機の入口温度に応じて変化させることにより、後述のようなより優れた効果が得られる（請求項6）。

【0021】さらに本発明は、寒冷を発生させるための冷媒循環回路に相互直列に配された二段の寒冷発生用タービン式膨張機の運転制御装置であって、上流側タービン式膨張機の入口側に上流側タービン入口弁を設け、下流側タービン式膨張機の入口側に下流側タービン入口弁を設けるとともに、いずれか一方のタービン式膨張機の入口圧力を検出してこの圧力を予め設定された圧力制限値以下に抑えるように上流側タービン入口弁の開度を調節する上流側入口弁調節手段と、上流側タービン式膨張

(5)

特開平 8-136073

7

された開度と下流側開度設定手段で設定された開度とのうち小さい側の開度に基づき調節する下流側入口弁調節手段とを備えたものである（請求項 7）。

【0022】この装置では、上記上流側タービン式膨張機の回転数制限値を上流側タービン式膨張機の入口温度に応じて変化させるように上記上流側開度設定手段を構成し、上記下流側タービン式膨張機の回転数制限値を下流側タービン式膨張機の入口温度に応じて変化させるように上記下流側開度設定手段を構成するのが、より好ましい（請求項 8）。

【0023】また本発明は、寒冷を発生させるための冷媒循環回路に相互直列に記された二段の寒冷発生用タービン式膨張機の運転制御装置であって、上流側タービン式膨張機の入口側に上流側タービン入口弁を設け、下流側タービン式膨張機の入口側に下流側タービン入口弁を設けるとともに、上流側タービン式膨張機の入口圧力を検出してこの圧力を予め設定された圧力制限値以下に抑えるように上流側タービン入口弁の開度を調節する上流側入口弁調節手段と、上流側タービン式膨張機の出口圧力を検出してこの圧力を予め設定された圧力制限値以上に保つための下流側タービン入口弁の開度を設定する上流側開度設定手段と、下流側タービン式膨張機の入口圧力を検出してこの圧力を予め設定された圧力制限値以下に抑えるための下流側タービン入口弁の開度を設定する下流側開度設定手段と、実際の下流側タービン入口弁の開度を上記上流側開度設定手段で設定された開度と下流側開度設定手段で設定された開度とのうち小さい側の開度に基づき調節する下流側入口弁調節手段とを備えたものである（請求項 9）。

【0024】この装置では、上記上流側タービン式膨張機の出口圧力の圧力制限値を上流側タービン式膨張機の入口温度に応じて変化させるように上記上流側開度設定手段を構成し、上記下流側タービン式膨張機の入口圧力の圧力制限値を下流側タービン式膨張機の入口温度に応じて変化させるように上記下流側開度設定手段を構成するのが、より好ましい（請求項 10）。

【0025】また、上記各装置において、上記上流側入口弁調節手段で用いられる圧力制限値をこの圧力制限値に関する側のタービン式膨張機の入口温度に応じて変化させるように上記上流側入口弁調節手段を構成することにより、後述のようなより優れた効果が得られる（請求項 11）。

【0026】

8

て、上流側タービン入口弁の開度変化により、いずれか一方のタービン式膨張機の入口圧力、上流側タービン式膨張機の回転数、下流側タービン式膨張機の回転数のうちの一つのパラメータを適正に調節するとともに、下流側タービン入口弁の開度調節により残りのパラメータを適正に調節することにより、双方のタービン式膨張機の過回転を防ぐことができる。

【0027】より具体的に、請求項 2、7 記載の方法及び装置では、上記上流側タービン入口弁の開度変化により、いずれか一方のタービン式膨張機の入口圧力を調節するとともに、上流側タービン式膨張機の回転数を検出してこの回転数を予め設定された回転数制限値以下に抑えるための下流側タービン入口弁の開度を設定し、かつ、下流側タービン式膨張機の回転数を検出してこの回転数を予め設定された回転数制限値以下に抑えるための下流側タービン入口弁の開度を設定し、両開度のうち小さい側の開度に基づいて実際の下流側タービン入口弁の開度を調節することにより、双方のタービン式膨張機の回転数を直接的に調節でき、過回転を確実に防止できる。

【0028】ここで、請求項 3、8 記載の方法及び装置では、上記上流側タービン式膨張機の回転数制限値を上流側タービン式膨張機の入口温度に応じて変化させ、上記下流側タービン式膨張機の回転数制限値を下流側タービン式膨張機の入口温度に応じて変化させることにより、広い温度範囲に亘ってその運転温度に適したタービン式膨張機の回転数制御を実行できる。また、従来のようにタービン温度の変化に伴ってタービン圧力制限値を階段状に変化させていくものに比べ、予冷中も各タービン式膨張機の性能をより有効に発揮させることができ、その分予冷時間が短縮される。

【0029】一方、請求項 4、9 記載の方法及び装置では、上記上流側タービン入口弁の開度変化により、上流側タービン式膨張機の入口圧力を調節するとともに、上流側タービン式膨張機の出口圧力を検出してこの圧力を予め設定された回転数制限値以下に抑えるための下流側タービン入口弁の開度を設定し、かつ、下流側タービン式膨張機の入口圧力を検出してこの圧力を予め設定された回転数制限値以下に抑えるための下流側タービン入口弁の開度を設定し、両開度のうち小さい側の開度に基づいて実際の下流側タービン入口弁の開度を調節することにより、双方のタービン式膨張機の回転数を直接検出しなくても、間接的に両タービン式膨張機の回転数を制御

(5)

特開平8-136073

9

10

度に適したタービン式膨張機の圧力制御を実行できる。また、従来のようにタービン温度の変化に伴ってタービン圧力制限値を階段状に変化させていくものに比べ、予冷中も各タービン式膨張機の性能をより有効に発揮させることができ、その分予冷時間が短縮される。

【0031】また、請求項6、11記載の方法及び装置では、上記上流側タービン入口弁の開度調節に用いる圧力制限値をこの圧力制限値に関する側のタービン式膨張機の入口温度に応じて変化させることにより、広い温度範囲に亘ってその運転温度に適したタービン式膨張機の入口圧力制御を実行できる。

【0032】

【実施例】本発明の第1実施例を図1及び図2に基づいて説明する。

【0033】図1は本発明方法が実施されるヘリウム液化冷凍装置を示したものである。同図において、1は液体ヘリウムデュワー（容器）、2は保冷箱であり、液体ヘリウムデュワー1内には冷媒であるヘリウムが収容され、保冷箱2内には低温側から順に5つの熱交換器5、6、7、8、9が設置されている。

【0034】保冷箱2の外部には圧縮機10が設けられ、この圧縮機10の吐出側が熱交換器9、8、7、6、5をこの順に通る高圧供給ライン3を介して液体ヘリウムデュワー1内に接続されるとともに、この液体ヘリウムデュワー1内が熱交換器5、6、7、8、9をこの順に通る低圧戻りライン4を介して圧縮機10の吸込み側に接続されている。また、上記高圧供給ライン3において、熱交換器5の出口側の位置には、J弁14が設けられている。

【0035】なお、本発明のタービン式膨張機運転制御方法は、両ライン3、4が液体ヘリウムデュワー1に接続された液化冷凍装置に限らず、両ライン3、4が冷凍負荷のみに接続された冷凍装置に対しても適用が可能である。

【0036】上記高圧供給ライン3において上記熱交換器8、9同士の間位置する箇所と、低圧戻りライン4において熱交換器5、6同士の間位置する箇所とは、タービンライン13を介して接続されている。このタービンライン13は熱交換器7を通過しており、この熱交換器7よりも上流側の位置には上流側タービン式膨張機（以下、単に「第1タービン」と称する。）11が設けられ、熱交換器7よりも下流側の位置には下流側タービン式膨張機（以下、単に「第2タービン」と称する。）

調節器（上流側開度設定手段）21、回転数調節器（下流側開度設定手段）22、及び開度比較器（下流側入口弁調節手段）24が設けられている。

【0038】第1タービン入口弁15は、上記第1タービン11の入口側に設けられており、第2タービン入口弁16は、上記第2タービン12の入口側であって熱交換器7の出口側に設けられている。温度計17は、第1タービン11の入口温度T1の検出信号を圧力調節器20及び回転数調節器21に出力するものであり、温度計18は、第2タービン12の入口温度T2の検出信号を回転数調節器22に出力するものである。

【0039】圧力調節器20は、上記第1タービン入口温度T1に対応して予め定められた第1タービン入口圧力P1の圧力制限値を記憶するとともに、実際の第1タービン入口圧力P1を検出し、この圧力を上記圧力制限値以下に抑えるように第1タービン入口弁15の開度を調節するものである。この実施例では、図2（a）に示すように、第1タービン入口温度T1が定格温度T0を超える領域では、第1タービン入口温度T1が低下するに従って上記入口圧力P1の圧力制限値が上げられ、第1タービン入口温度T1が定格温度T0以下の領域では、上記圧力制限値が定格圧力P10に設定されている。

【0040】回転数調節器21は、上記第1タービン入口温度T1に対応して予め定められた第1タービン11の回転数（単位時間当たりの回転数）の回転数制限値を記憶するとともに、実際の第1タービン回転数N1を検出し、この回転数N1を上記回転数制限値以下に抑えるための第1タービン入口弁15の開度を設定し、その設定信号を開度比較器24に出力するものである。この実施例では、図2（b）に示すように、第1タービン入口温度T1が定格温度T0を超える領域では、第1タービン入口温度T1が低下するに従って上記回転数N1の回転数制限値が上げられ、第2タービン入口温度T1が定格温度T0以下の領域では、上記回転数制限値が定格回転数N10に設定されている。

【0041】同様に、回転数調節器22は、上記第2タービン入口温度T2に対応して予め定められた第2タービン12の回転数（単位時間当たりの回転数）の回転数制限値を記憶するとともに、実際の第2タービン回転数N2を検出し、この回転数N2を上記回転数制限値以下に抑えるための第2タービン入口弁16の開度を設定し、その設定信号を開度比較器24に出力するものであ

(7)

特開平8-136073

11

で設定された開度と、上記回転数調節器22で設定された開度とを比較し、小さい方を選択してこの開度に基づき第2タービン入口弁16の開度を調節するものである。

【0043】次に、この装置の作用を説明する。

【0044】圧縮機10から吐出される冷媒（ヘリウム）は、高压供給ライン3を通して熱交換器9で液体窒素により冷却された後、J T弁14を通じて液体ヘリウムデューワー1に導入され、この液体ヘリウムデューワー1からの蒸発ヘリウムガスは、低压戻りライン4を通じて

圧縮機10の吸込み側に戻される。
【0045】上記熱交換器9で冷却されたヘリウムの一部は、タービンライン13に分流し、低压戻りライン4に入る。このタービンライン13では、温度計17により第1タービン11の入口温度T1が検出され、この第1タービン入口温度T1に基づいて第1タービン11の入口圧力P1の圧力制限値が決定される一方、圧力調節器20により実際の第1タービン入口圧力P1が検出され、この入口圧力P1を上記圧力制限値以下に抑えるように第1タービン入口弁15の開度が調節される。この第1タービン入口圧力P1の抑制により、間接的に第2タービン入口圧力P3も抑制される。

【0046】一方、回転数調節器21では、上記第1タービン入口温度T1に基づいて第1タービン11の回転数N1の回転数制限値が決定される一方、この回転数調節器21により実際の第1タービン回転数N1が検出され、この回転数N1を上記回転数制限値以下に抑えるための開度が設定される。同様に、回転数調節器22では、温度計18により検出される第2タービン入口温度T3に基づいて第2タービン12の回転数N2の回転数制限値が決定される一方、この回転数調節器22により

実際の第2タービン回転数N2が検出され、この回転数N2を上記回転数制限値以下に抑えるための開度が設定される。そして、両設定開度のうちの小さい方に基づいて、開度比較器24により第2タービン入口弁16の開度が調節され、これにより双方のタービン11、12の過回転が確実に防がれる。
【0047】しかも、この実施例では、上記第1タービン入口圧力P1及び両タービン回転数N1、N2の制限値を各タービン11、12の入口温度T1、T2に応じて定めているので、広い温度範囲に亘って適正な入口圧力制御及び回転数制御を実行できる。また、従来のように入口圧力制限値を温度降下に依りて階段状に上昇させてい

12

温度T1に対応して予め定められた第1タービン11の出口圧力P2の圧力制限値を記憶するとともに、実際の第1タービン出口圧力P2を検出し、この出口圧力P2を上記圧力制限値以上に保つための第2タービン入口弁16の開度を設定し、その設定信号を開度比較器24に出力するものである。この実施例では、図4(a)に示すように、第1タービン入口温度T1が定格温度T0を超える領域では、第1タービン入口温度T1が低下するに従って上記出口圧力P2の圧力制限値が上げられ、第2タービン入口温度T3が定格温度T0以下の領域では、上記圧力制限値が定格圧力P20に設定されている。

【0050】同様に、圧力調節器26は、上記第2タービン入口温度T2に対応して予め定められた第2タービン12の入口圧力P3の圧力制限値を記憶するとともに、実際の第2タービン入口圧力P3を検出し、この入口圧力P3を上記圧力制限値以下に抑えるための第2タービン入口弁16の開度を設定し、その設定信号を開度比較器24に出力するものである。この実施例では、図4(b)に示すように、第2タービン入口温度T3が定格温度T0を超える領域では、第2タービン入口温度T3が低下するに従って上記入口圧力P3の圧力制限値が上げられ、第2タービン入口温度T3が定格温度T0以下の領域では、上記圧力制限値が定格圧力P30に設定されている。

【0051】そして、開度比較器24は、上記圧力調節器25で設定された開度と、上記圧力調節器26で設定された開度とを比較し、小さい方を選択してこの開度に基づき第2タービン入口弁16の開度を調節するように構成されている。

【0052】この実施例によれば、第1実施例と同様、第1タービン入口弁15の開度調節で第1タービン11の入口圧力P1を制限値以下に抑える一方、第2タービン入口弁16の開度調節で、第1タービン11の出口圧力P2を圧力制限値以上に保ち、かつ第2タービン12の入口圧力P3を圧力制限値以下に抑えることができる。ここで、各タービン11、12の回転数は、それぞれのタービン圧力比 $P1/P2$ 、 $P3/P4$ （P4は第2タービン出口圧力）に大きく影響されるので、上記出口圧力P2及び入口圧力P3の調節によって、比較的高価なタービン回転計や回転数調節器を用いることなく、比較的安価な圧力調節器25、26を用いて間接的に両タービン11、12の過回転を防ぐことができる。

(8)

特開平8-136073

13

【0055】(1) 上記各実施例において、両タービン回転数N1、N2の制御や(第1実施例)、圧力P2、P3の制御を行うべく、第2タービン入口弁16の開度を過小にしてしまい、あるいは全閉にしてしまうと、タービンライン13の閉塞により第1タービン11の出口圧力P2が過度に上昇して第1タービン11を破損したり、上記第2タービン入口弁16を再度開いた時に両タービン11、12の回転数N1、N2が急上昇して制御不能になったりするおそれがあるので、上記開度比較器24には開度下限値を設定しておき、回転数調節器21、22や圧力調節器25、26の設定信号にかかわらず、第2タービン入口弁16の開度は上記開度下限値以上に保っておくように上記開度比較器24を構成するのが、より好ましい。さらに、上記設定開度が上記開度下限値以下になった場合には警告指令を発するように開度比較器24を構成すれば、より好ましいものとなる。

【0056】(2) 前記第1実施例では、第1タービン入口弁15の操作で第2タービン12の入口圧力P3を調節するようにしてもよい。この入口圧力P3を下ければ、結果的に第1タービン入口圧力P1も下げることが可能である。

【0057】(3) 前記第1実施例の装置において、第1タービン入口弁15の操作で第1タービン11の回転数N1、第2タービン12の回転数N2のいずれか一方を調節し、第2タービン入口弁16の操作で第1タービン11の入口圧力P1(もしくは第2タービン12の入口圧力P2)及び両回転数N1、N2のうちの他方を調節することも可能である。また、第2実施例の装置において、第1タービン入口弁15の操作で第1タービン11の出口圧力P2、第2タービン12の入口圧力P3のいずれか一方を調節し、第2タービン入口弁16の操作で第1タービン11の入口圧力P1及び上記両圧力P2、P3のうちの他方を調節することも可能である。

【0058】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、次の効果を得ることができる。

【0059】請求項1記載の方法は、上流側タービン式膨張機の入口側に上流側タービン入口弁を設け、下流側タービン式膨張機の入口側に下流側タービン入口弁を設け、上流側タービン入口弁の開度変化により、いずれか一方のタービン式膨張機の入口圧力、上流側タービン式膨張機の回転数、下流側タービン式膨張機の回転数のうちの一つのパラメータを調節するとともに、下流側ター

14

び装置では、上記上流側タービン入口弁の開度変化により、いずれか一方のタービン式膨張機の入口圧力を調節するとともに、上流側タービン式膨張機の回転数を検出してこの回転数を予め設定された回転数制限値以下に抑えるための下流側タービン入口弁の開度を設定し、かつ、下流側タービン式膨張機の回転数を検出してこの回転数を予め設定された回転数制限値以下に抑えるための下流側タービン入口弁の開度を設定し、両開度のうち小さい側の開度に基づいて実際の下流側タービン入口弁の開度を調節するようにしているので、双方のタービン式膨張機の回転数を直接的に調節でき、過回転をより確実に防止できる効果がある。

【0061】ここで、請求項3、8記載の方法及び装置では、上記上流側タービン式膨張機の回転数制限値を上流側タービン式膨張機の入口温度に応じて変化させ、上記下流側タービン式膨張機の回転数制限値を下流側タービン式膨張機の入口温度に応じて変化させることにより、広い温度範囲に亘ってその運転温度に適したタービン式膨張機の回転数制御を実行できる効果がある。また、従来のようにタービン温度の変化に伴ってタービン圧力制限値を階段状に変化させていくものに比べ、予冷中も各タービン式膨張機の性能をより有効に発揮させることができ、予冷時間を短縮できる効果がある。

【0062】一方、請求項4、9記載の方法及び装置では、上記上流側タービン入口弁の開度変化により、上流側タービン式膨張機の入口圧力を調節するとともに、上流側タービン式膨張機の出口圧力を検出してこの圧力を予め設定された回転数制限値以下に抑えるための下流側タービン入口弁の開度を設定し、かつ、下流側タービン式膨張機の入口圧力を検出してこの圧力を予め設定された回転数制限値以下に抑えるための下流側タービン入口弁の開度を設定し、両開度のうち小さい側の開度に基づいて実際の下流側タービン入口弁の開度を調節するようにしているので、高価な回転計等を用いて双方のタービン式膨張機の回転数を直接検出しなくても、安価な構造で間接的にタービン回転数を調節でき、過回転を防止できる効果がある。

【0063】ここで、請求項5、10記載の方法及び装置では、上記上流側タービン式膨張機の出口圧力の圧力制限値を上流側タービン式膨張機の入口温度に応じて変化させ、上記下流側タービン式膨張機の入口圧力の圧力制限値を下流側タービン式膨張機の入口温度に応じて変化させることにより、広い温度範囲に亘ってその運転温

(9)

特開平8-136073

15

16

では、上記上流側タービン入口弁の開度調節に用いる圧力制限値をこの圧力制限値に関する側のタービン式膨張機の入口温度に応じて変化させることにより、広い温度範囲に亘ってその運転温度に適したタービン式膨張機の入口圧力制御を実行できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例におけるヘリウム液化冷凍装置の全体構成を示すフローシートである。

【図2】(a)は上記装置において設定される第1タービン入口温度と第1タービン入口圧力の制限値との関係を示すグラフ、(b)は上記装置において設定される第1タービン入口温度と第1タービン回転数の制限値との関係を示すグラフ、(c)は上記装置において設定される第2タービン入口温度と第2タービン回転数の制限値との関係を示すグラフである。

【図3】本発明の第2実施例におけるヘリウム液化冷凍装置の全体構成を示すフローシートである。

【図4】(a)は上記装置において設定される第1タービン入口温度と第1タービン出口圧力の制限値との関係を示すグラフ、(b)は上記装置において設定される第2タービン入口温度と第2タービン入口圧力の制限値と*

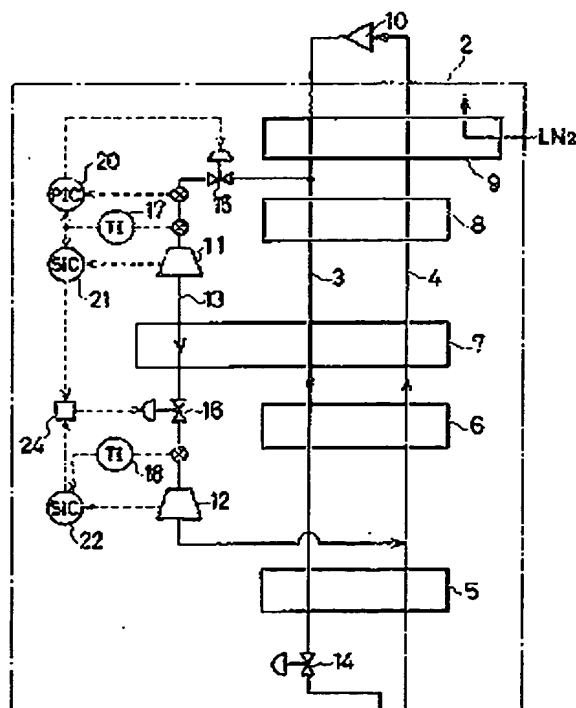
*の関係を示すグラフである。

【図5】従来のタービン式膨張機運転制御方法で設定される上流側タービン式膨張機入口圧力の制限値と下流側タービン式膨張機入口温度との関係を示すグラフである。

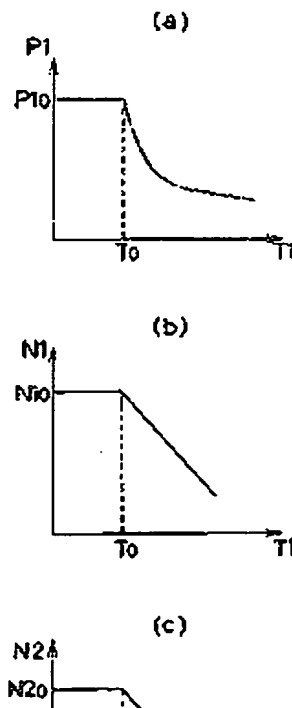
【符号の説明】

- 3 高压供給ライン
- 4 低压戻りライン
- 11 第1タービン（上流側タービン式膨張機）
- 12 第2タービン（下流側タービン式膨張機）
- 13 タービンライン
- 15 第1タービン入口弁
- 16 第2タービン入口弁
- 17、18 温度計
- 20 圧力調節器（上流側入口弁調節手段）
- 21 回転数調節器（上流側開度設定手段）
- 22 回転数調節器（下流側開度設定手段）
- 24 開度比較器（下流側入口弁調節手段）
- 25 圧力調節器（上流側開度設定手段）
- 26 圧力調節器（下流側開度設定手段）

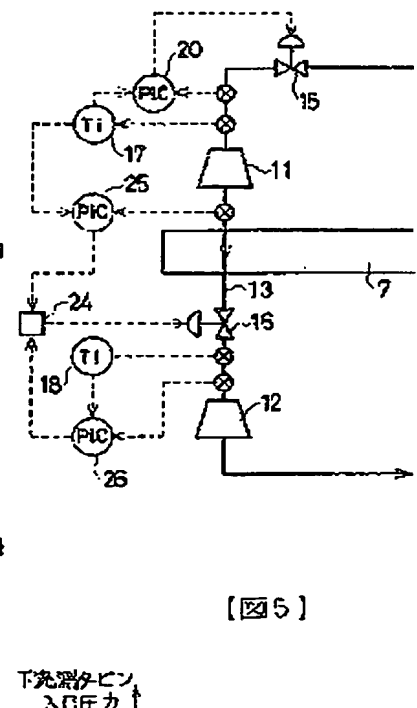
【図1】



【図2】



【図3】



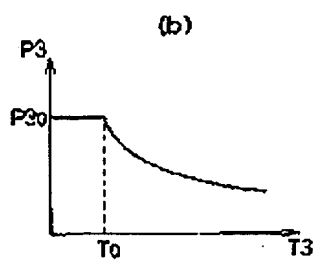
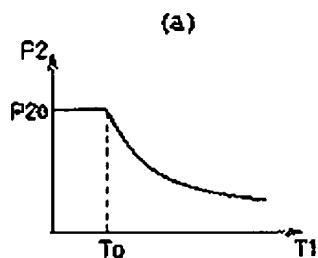
【図5】

下流側タービン
入口圧力 ↑

(10)

特開平8-136073

【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 上谷内 洋一
神戸市中央区臨浜町1丁目3番18号 株式
会社神戸製鋼所神戸本社内